

**ΑΠΟΥΣΙΑ ΠΛΗΡΟΥΣ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑΣ ΣΤΙΣ ΠΥΚΝΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ  
ΤΗΣ ΚΕΡΚΙΔΑΣ.**

**ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΟΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ.**

Χ.Κ. Γιαννακόπουλος<sup>(1, 2)</sup>, Σ. Πηλιούσης<sup>(2)</sup>, Ε. Αντωνογιαννάκης<sup>(2)</sup>,  
Γ. Τροβάς<sup>(1)</sup>, Γ.Π. Λυρίτης<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Εργαστήριο Έρευνας Παθήσεων του Μυοσκελετικού Συστήματος,  
Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα

<sup>(2)</sup> Β' Ορθοπαιδική Κλινική 401 ΓΣΝΑ, Αθήνα

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η οστική πυκνότητα στο περιφερικό άκρο της κερκίδας μελετήθηκε σε ένα φυσιολογικό πληθυσμό αρρένων και θηλέων με τη χρήση της συσκευής DX-100. Ο σκοπός αυτής της μελέτης ήταν να ελέγξει την παρουσία συμμετρίας στις πυκνομετρικές ιδιότητες της κερκίδας μετρώντας αντίστοιχα και τα δύο άκρα των εθελοντών.

Μετρήθηκαν σε ένα υγιή πληθυσμό 152 αρρένων και 46 θηλέων ηλικίας 19-32 ετών η περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα (BMC) και η οστική πυκνότητα (BMD) σε δύο θέσεις του περιφερικού άκρου του αντιβραχίου (distal, D και ultradistal, U), τόσο στο επικρατούν (E), όσο και στο μη επικρατούν (ME) άκρο. Συνολικά η σύγκριση των δύο άκρων έγινε χρησιμοποιώντας 3 μετρήσεις στο κάθε άκρο (E-DBMC, E-DBMD, E-UBMD στο επικρατούν και ME-DBMC, ME-DBMD, ME-UBMD στο μη επικρατούν). Στο σύνολο των μετρήσεων η E-DBMC ήταν  $4,04749 \pm 0,79577$  gr, η ME-UBMC  $3,97291 \pm 0,74444$  gr, η E-DBMD  $0,53553 \pm 5,8191e^{-02}$  g/cm<sup>2</sup>, η ME-DBMD  $0,53253 \pm 5,6051e^{-02}$  g/cm<sup>2</sup> και η E-UBMD  $0,47889 \pm 7,4629e^{-02}$  και η ME-UBMD  $0,47193 \pm 7,6357e^{-02}$ . Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μόνο όσον αφορά στην BMC στην εγγύτερη θέση μέτρησης, ενώ η αντίστοιχη οστική πυκνότητα παρέμενε παρόμοια, γεγονός το οφείλεται στην αυξημένη επιφάνεια σάρωσης, άρα και στις σχετικά αυξημένες διαστάσεις των οστών στην αντίστοιχη θέση μέτρησης.

Η ύπαρξη πλήρους συμμετρίας σε όλες τις πυκνομετρικές παραμέτρους δε θα πρέπει να θεωρείται δεδομένη, αλλά θα πρέπει να αποκλείεται ή να επιβεβαιώνεται προηγουμένως.

**Λέξεις-Κλειδιά:** κερκίδα, οστική πυκνότητα, συμμετρία

## LACK OF COMPLETE SYMMETRY IN THE DENSITOMETRIC PROPERTIES OF THE RADIUS IN A HEALTHY POPULATION.

C.K. Yiannakopoulos<sup>(1, 2)</sup>, E. Antonogiannakis<sup>(1, 2)</sup>, S. Piliouisis<sup>(2)</sup>, G. Trovas<sup>(1)</sup>, G. P. Lyritis<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Laboratory for the Research of the Musculoskeletal System, University of Athens, Greece

<sup>(2)</sup> 2<sup>nd</sup> Orthopaedic Department, Athens General Army Hospital, Greece

### ABSTRACT

The bone density in the distal part of the forearm was measured in a healthy population of males and females using the DTX-100 device. The purpose of this study was to evaluate the presence of symmetry in the densitometric properties of the forearm measuring both limbs in a volunteer population.

In a healthy population involving 152 males and 46 females, aged 19-32 years the bone mineral content (BMC) and the bone density (BMD) in two different sites of the distal forearm (distal, D and ultradistal, D) were measured in both the dominant (D) and the non-dominant arm (ND). Comparison between the contralateral limbs was performed using 3 measurements at each arm (D-DBMC, D-DBMD, D-UBMD in the dominant and ND-DBMC, ND-DBMD, ND-UDBMD in the non-dominant arm). In the whole population D-DBMC was  $4,04749 \pm 0,79577$  gr, ND-UDBMC was  $3,97291 \pm 0,74444$  gr, D-DBMD was  $0,53553 \pm 5,8191e^{-02}$  g/cm<sup>2</sup>, ND-DBMD was  $0,53253 \pm 5,6051e^{-02}$  g/cm<sup>2</sup>, D-UBMD was  $0,47889 \pm 7,4629e^{-02}$  and ND-UBMD was  $0,47193 \pm 7,6357e^{-02}$ . There was statistically significant difference only in the BMC of the distal forearm, whereas all other parameters were not different. The area at the same site was also significantly higher in the dominant compared to the non-dominant side.

Conclusively, presence of symmetry regarding all densitometric parameters should not be considered for granted. Presence or absence of symmetry should be taken into account when performing clinical or experimental studies.

**Keywords:** bone density, radius, symmetry

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο όρος συμμετρία αναφέρεται στην ομοιότητα όσον αφορά στην μακροσκοπική ή μικροσκοπική κατασκευή ενός σώματος ως προς ένα σημείο ή έναν άξονα. Ένα βιολογικό σώμα θεωρείται συμμετρικό όταν παρόμοια ανατομικά στοιχεία διατάσσονται στις αντίθετες πλευρές ενός άξονα, έτσι ώστε ένα μόνο επίπεδο μπορεί να διαιρέσει το σώμα σε δύο ταυτόσημα ημίση. Η παρουσία φαινομενικής συμμετρίας απαντάται συχνά στη φύση, αλλά οι δύο πλευρές ενός βιολογικού σώματος δεν παρουσιάζουν απαραίτητα ταυτόσημη κατασκευή. Δεν είναι αυταπόδεικτη η άποψη ότι οι δύο πλευρές του σώματος οποιουδήποτε ζωικού είδους ή και του ανθρώπου παρουσιάζουν σύμπτωση σε όλες τις ιδιότητες, δομικές ή λειτουργικές. Σε πολλές κλινικές και πειραματικές μελέτες χρησιμοποιείται μόνο η μία πλευρά του σώματος για την πραγματοποίηση ποικιλίας μετρήσεων θεωρώντας δεδομένη την παρουσία ταυτόσημων μετρήσεων στην αντίθετη πλευρά του σώματος. Η ύπαρξη συμμετρίας στις ιδιότητες θα πρέπει να αποδεικνύεται προτού θεωρηθεί ως δεδομένη.

Η μέτρηση της οστικής πυκνότητας στο αξονικό ή στον περιφερικό σκελετό χρησιμοποιείται για την ανίχνευση ατόμων με οστεοπόρωση.[1] Επομένως η πραγματοποίηση ετερόπλευρων μετρήσεων θα οδηγούσε σε συστηματικά λάθη εάν τεκμηριώνονταν υπεροχή της μίας πλευράς του σώματος έναντι της αντίθετης.

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η διερεύνηση της παρουσίας ή απουσίας συμμετρίας στις πυκνομετρικές ιδιότητες του αντιβραχίου σε φυσιολογικό πληθυσμό ανδρών και γυναικών εθελοντών.

## ΥΛΙΚΟ-ΜΕΘΟΔΟΣ

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε πληθυσμό αρρένων και θηλέων εθελοντών, οι οποίοι είτε είχαν προσέλθει στο εξωτερικό ορθοπαιδικό ιατρείο για την αντιμετώπιση πρόσφατης κάκωσης του μυοσκελετικού είτε προσεφέρθησαν να συμμετάσχουν στη μελέτη, χωρίς να αντιμετωπίζουν κάποιο πρόβλημα. Όλοι οι συμμετέχοντες ήταν υγιείς, χωρίς ιστορικό μεταβολικής νόσου, προηγηθέντος κατάγματος, χρόνιας πάθησης ή λήψης φαρμάκων. Συνολικά μελετήθηκαν 152 άρρενες και 46 θήλειες ηλικίας 19-32 ετών. Η μέση ηλικία των αρρένων ήταν  $23.31 \pm 3.5$  έτη και των θηλέων  $25.22 \pm 4.9$  έτη.

Όλες οι μετρήσεις έγιναν από τον ίδιο χειριστή σε συσκευή Osteometer DTX-100 (Osteometer Meditech, Rødovre, Denmark) (**Εικόνα 1**).

Η συσκευή αυτή μετρά την οστική πυκνότητα και την περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα σε 2 θέσεις του αντιβραχίου με την τεχνολογία της απορροφησιομετρίας ακτίνων X μονής δέσμης. Προ της έναρξης των μετρήσεων προηγείται μέτρηση ομοιώματος γνωστής πυκνότητας. Ο μακροπρόθεσμος συντελεστής μεταβλητότητας ήταν 0.5% για την BMC και 0.45 για την BMD. [2,3]

Περιληπτικά, μετά την ενεργοποίηση της συσκευής το άκρο εμβαπτίζεται σε δεξαμενή ύδατος με ειδικό άκρο, το οποίο και συλλαμβάνει ο ασθενής για να ακολουθήσει αυτοματοποιημένη μέτρηση της οστικής πυκνότητας στο άκρο. Σε όλους τους ασθενείς μετρήθηκαν διαδοχικά και με

τυχαία σειρά και τα δύο άκρα. Αρχικά μετράται περιοχή της κερκίδας και της ωλένης μήκους 24 mm στην οποία η απόσταση μεταξύ των 2 οστών είναι 8 mm. Σε αυτή τη θέση μετράται η περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα (Distal Bone Mineral Content, DBMC, gr) και η οστική πυκνότητα (Distal Bone Mineral Density, DBMD,  $\text{gr}/\text{cm}^2$ ). Ακολουθεί μέτρηση της οστικής πυκνότητας στο περιφερικό άκρο της κερκίδας (Ultra Distal Bone Mineral Density, UBMD,  $\text{gr}/\text{cm}^2$ ), θέση στην οποία περιέχεται κυρίως σπογγώδες οστό.

Η περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα (BMC) και η οστική πυκνότητα (BMD) μετρήθηκαν στο περιφερικό άκρο του αντιβραχίου τόσο στο επικρατούν (E), όσο και στο μη επικρατούν (ME) άκρο. Συνολικά η σύγκριση των δύο άκρων έγινε χρησιμοποιώντας 3 μετρήσεις στο κάθε άκρο (E-DBMC, E-DBMD, E-UBMD στο επικρατούν και ME-DBMC, ME-DBMD, ME-UBMD στο μη επικρατούν). Επιπλέον μετρήθηκε η επιφάνεια σάρωσης στην εγγύς περιοχή μέτρησης.

Η στατιστική αξιολόγηση των ευρημάτων έγινε με τη δοκιμασία t κατά ζεύγη (paired t test), ενώ στατιστικά σημαντικές θεωρήθηκαν οι διαφορές στις οποίες διαπιστώθηκε ότι  $p < 0.05$ .

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων και η αντίστοιχη στατιστική ανάλυση παρατίθενται αναλυτικά στους **Πίνακες 1, 2 και 3** και παρίστανται διαγραμματικά στις **Εικόνες 2 και 3**. Στο σύνολο των μετρήσεων η E-DBMC ήταν  $4,04749 \pm 0,79577$  gr, η ME-UBMC  $3,97291 \pm 0,74444$  gr, η E-DBMD  $0,53553 \pm 5,8191e^{-02}$   $\text{g}/\text{cm}^2$ , η ME-DBMD  $0,53253 \pm 5,6051e^{-02}$   $\text{g}/\text{cm}^2$  και η E-UBMD  $0,47889 \pm 7,4629e^{-02}$   $\text{g}/\text{cm}^2$  και η ME-UBMD  $0,47193 \pm 7,6357e^{-02}$   $\text{g}/\text{cm}^2$ . Στους άνδρες οι μετρώμενες παράμετροι στο επικρατούν άκρο ήταν E-DBMC  $4,34591 \pm 0,60514$  gr, E-DBMD  $0,55595 \pm 4,7195 e^{-02}$   $\text{g}/\text{cm}^2$ , E-UBMD  $0,50400 \pm 6,2831 e^{-02}$   $\text{g}/\text{cm}^2$  και στο μη επικρατούν ME-DBMC  $4,23447 \pm 0,59151$  gr, ME-DBMD  $0,55091 \pm 4,6160 e^{-02}$   $\text{g}/\text{cm}^2$  και ME-UBMD  $0,49732 \pm 6,4852 e^{-02}$   $\text{g}/\text{cm}^2$  αντίστοιχα. Στις γυναίκες άνδρες οι μετρώμενες παράμετροι στο επικρατούν άκρο ήταν E-DBMC  $3,00300 \pm 0,39809$  gr, E-DBMD  $0,46406 \pm 2,9265 e^{-02}$   $\text{g}/\text{cm}^2$ , E-UBMD  $0,39100 \pm 3,5967 e^{-02}$   $\text{g}/\text{cm}^2$  και στο μη επικρατούν ME-DBMC  $3,05744 \pm 0,43689$  g, ME-DBMD  $0,46819 \pm 3,7160 e^{-02}$   $\text{g}/\text{cm}^2$ , ME-UBMD  $0,38306 \pm 3,6681 e^{-02}$   $\text{g}/\text{cm}^2$  αντίστοιχα. Η επιφάνεια σάρωσης στο επικρατούν άκρο ήταν  $7,634737 \pm 0,618878$   $\text{mm}^2$  και στο μη επικρατούν  $7,868701 \pm 0,72427$   $\text{mm}^2$  αντίστοιχα.

Η συσχέτιση μεταξύ όλων των μετρούμενων παραμέτρων και των δύο άκρων ήταν ισχυρή και στατιστικά σημαντική, όπως παρουσιάζεται στον **Πίνακα 2**. Η DBMC στο επικρατούν άκρο ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή στο μη επικρατούν, όπως επίσης και η επιφάνεια σάρωσης, όπως φαίνεται στον **Πίνακα 3**. Επομένως οι διαφορές μεταξύ επικρατούντος και μη επικρατούντος άκρου ήταν σημαντικές όσον αφορά στην περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα, χωρίς όμως να επηρεάζεται η οστική πυκνότητα στην ίδια θέση και αυτό το εύρημα οφείλεται στην αυξημένη επιφάνεια σάρωσης στο επικρατούν άκρο.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η παρούσα μελέτη κατέδειξε την ύπαρξη αναντιστοιχίας στις πυκνομετρικές ιδιότητες του αντιβραχίου σε φυσιολογικό πληθυσμό ανδρών και γυναικών. Η οστική κατασκευή του αντιβραχίου δεν παρουσιάζει επομένως πλήρη συμμετρία.

Ο όρος συμμετρία εκφράζει τον τρόπο με τον οποίο τμήματα ενός σώματος διατάσσονται γύρω από ένα σημείο ή έναν κεντρικό άξονα. Υπάρχουν διάφορες μορφές συμμετρίας (**Εικόνα 4**). Η ύπαρξη συμμετρίας ορίζεται συνήθως ως προς έναν άξονα, κατακόρυφο, οριζόντιο ή λοξό. Διακρίνονται διάφορες μορφές συμμετρίας. Στην ακτινωτή συμμετρία το πάνω και το κάτω άκρο του αντικειμένου ή σώματος μπορεί να είναι διαφορετικά, αλλά παρατηρείται συμμετρία ως προς δύο ή περισσότερους άξονες, οι οποίοι όμως διέρχονται από ένα κεντρικό σημείο. Στην αμφοτερόπλευρη συμμετρία τα δύο ημίσεια ενός σώματος μοιάζουν σαν αντανακλάσεις στον καθρέπτη. Το ζώο χωρίζεται σε 2 όμοια ημίσεια μόνο από ένα επίπεδο, το οποίο περνά από τη μέση γραμμή. Στη σφαιρική συμμετρία υπάρχει αντίστοιχη κατασκευή προς όλες τις κατευθύνσεις και υπάρχει άπειρος αριθμός επιπέδων συμμετρίας, τα οποία περνούν από ένα κεντρικό σημείο. Αυτού του είδους η συμμετρία είναι η περισσότερο σπάνια. Στο ζωικό βασίλειο η ανάγκη για πρόσθια κίνηση του σώματος οδήγησε σε διαφορετική μορφολογία του κεφαλικού από το ουραίο τμήμα του ζώου, αλλά δεν εμπόδισε την παρόμοια κατασκευή του δεξιού και του αριστερού ημιμορίου.[4]

Ένα ζώο που παρουσιάζει ακτινωτή συμμετρία δεν έχει σαφή επιλογή κατεύθυνσης κίνησης, ανταποκρίνεται στο περιβάλλον του ίδιο καλά σε όλες τις διευθύνσεις, ενώ τα αισθητήρια όργανα δεν συγκεντρώνονται σε κάποια συγκεκριμένη περιοχή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα εχινόδερμα. Αντίθετα, ζώα με αμφοτερόπλευρη συμμετρία διαθέτουν σημαντική κινητικότητα, έχουν συγκεκριμένη κατεύθυνση κίνησης και τα αισθητήρια όργανα συγκεντρώνονται σε κάποια συγκεκριμένη περιοχή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα έντομα. Οι άνθρωποι παρουσιάζουν αμφοτερόπλευρη συμμετρία και ταξινομούνται στα αντίστοιχο ζωικό είδος Phylum Chordata.[5,6,7]

Η παρουσία κάποιου βαθμού ασυμμετρίας σε περισσότερο εξελιγμένα όντα φαίνεται να αποτελεί τον κανόνα. Σε φυσιολογικούς ανθρώπους η στροφή ολόκληρου του κάτω άκρου και της κνήμης είναι μικρότερη στην αριστερή πλευρά του σώματος, αλλά η στροφή του μηριαίου οστού δε διαφέρει, ενώ η εξωτερική στροφή της δεξιάς κνήμης είναι αυξημένη σε σχέση με αυτή της αριστερής κνήμης [8].

Η συμμετρία των εμβιομηχανικών ιδιοτήτων στα πειραματόζωα έχει γίνει αντικείμενο λίγων μελετών.[9] Η συμμετρία στις εμβιομηχανικές ιδιότητες της κνήμης και του βραχιονίου κονίκλων σε στρέψη έχει μελετηθεί από τους White και συν.[10] Παρά τη σημαντική μεταβλητότητα στις ιδιότητες των ετερόπλευρων οστών δε σημειώθηκε η παρουσία σημαντικών διαφορών. Οι μηχανικές ιδιότητες του μηριαίου αυχένα και της κνήμης μελετήθηκαν από τους Peng και συν. [11] όπου και πάλι δε διαπιστώθηκε σημαντική διαφορά. Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε όμως μόνο σε φυσιολογικά οστά, ενώ δεν μελετήθηκαν οι οστικές ιδιότητες σε οστά με πειραματικά προκληθείσα οστεοπόρωση. Σε μία ακόμα εμβιομηχανική και πυκνομετρική μελέτη σε οστά

χοίρων, ευρισκόμενων στη φάση της σκελετικής ανάπτυξης διαπιστώθηκε ότι σε νεαρά ζώα με αναπτυσσόμενο σκελετό παρατηρείται ταυτόχρονη αύξηση της οστικής μάζας και της εμβιομηχανικής αντοχής αλλά με τρόπο όχι απαραίτητα συμμετρικό.

Η ανίχνευση πιθανών αμφίπλευρων διαφορών εξαρτάται και από το είδος της μεταβλητής που μελετάται. Οι Johnson και Stromberg [12] διαπίστωσαν ότι τα μηριαία και οι κνήμες σκύλων παρουσιάζουν συμμετρία στη στρέψη, ενώ οι Markel και συν. [13] συμπέραναν ότι υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ αριστερού και δεξιού άκρου όσον αφορά στην ακαμψία σε θλίψη του μηριαίου και της κνήμης, ενώ όλες οι άλλες μηχανικές παράμετροι ήταν φυσιολογικοί.

Η χρήση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων που πραγματοποιούνται στη μία μόνο πλευρά του σώματος είναι περισσότερο δόκιμη από την εναλλασσόμενη χρήση και των δύο άκρων εκ περιτροπής. Στην τελευταία περίπτωση θα πρέπει να έχει επιβεβαιωθεί το δόκιμο αυτής της πρακτικής. Μία ακόμα παράμετρος, η οποία θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψη είναι ότι μία θεραπευτική παρέμβαση είναι δυνατό να έχει ασύμμετρη δράση σε ομόλογα μέρη του σώματος. Η χορήγηση ενός φαρμάκου ή μίας άλλης θεραπευτικής αγωγής δεν έχει κατ' ανάγκη ίδια δράση σε όλα τα σημεία του σώματος, αλλά μπορεί να εξαρτάται από την ευαισθησία των ιστών στην αγωγή. Επίσης μία χειρουργική θεραπεία ή η αύξηση του μεταβολισμού σε μία περιοχή του σώματος μπορεί να επηρεάσει τον μεταβολισμό συστηματικά. Είναι αναγκαίο ο σχεδιασμός των πειραματικών και κλινικών μελετών να περιλαμβάνει ικανό αριθμό προκειμένου να μειώνεται η συγχυτική δράση που ασκεί η βιολογική μεταβλητότητα.

Το 1983 ο Frost περιέγραψε ένα φαινόμενο το οποίο ήταν ήδη γνωστό σε όσους ασχολούνταν με την οστική ιστομορφομετρία και το οποίο ονόμασε φαινόμενο τοπικής επιτάχυνσης (Regional Acceleratory Phenomenon, RAP). Η αρχική παρατήρηση ήταν ότι ένας οστικός τραυματισμός επιταχύνει τη φυσιολογική διαδικασία επούλωσης. Ο μηχανισμός αυτός δεν είναι συμπληρωματικός, εφεδρικός μηχανισμός πώρωσης αλλά έχει την ικανότητα διέγερσης των φυσιολογικών σταδίων της πώρωσης επιταχύνοντάς την κατά 2-10 φορές. Στον άνθρωπο εμφανίζεται λίγες ημέρες μετά από την πρόκληση ενός κατάγματος, φθάνει στη μέγιστη δραστηριότητά του εντός δύο μηνών και υποχωρεί εντός 6-24 μηνών. Τα τελευταία χρόνια έχει περιγραφεί η παρουσία και συστηματικού φαινομένου επιτάχυνσης (Systemic Acceleratory Phenomenon, SAP) σύμφωνα με το οποίο ένας εντοπισμένος οστικός τραυματισμός είναι δυνατό υπό προϋποθέσεις να προκαλέσει αύξηση του οστικού μεταβολισμού σε απομακρυσμένες θέσεις του σκελετού. Το φαινόμενο παρουσιάζεται σε περιοχές με καλή αγγείωση και νεύρωση.[14, 15, 16]

Στη μελέτη μας διαπιστώθηκε η παρουσία ασυμμετρίας στην περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα μεταξύ του επικρατούντος και του μη επικρατούντος άκρου στο αντιβράχιο, σε μία περιοχή που περιέχει τόσο σπογγώδες, όσο και φλοιώδες οστό. Η οστική πυκνότητα στις αντίστοιχες θέσεις δε διέφερε σημαντικά. Το εύρημα αυτό είναι δυνατό να αποδοθεί στην αυξημένη επιφάνεια, και επομένως στις αυξημένες διαστάσεις της κερκίδας και της ωλένης στο επικρατούν αντιβράχιο. Η χρήση του ίδιου άκρου, της ίδιας μεθοδολογίας και της ίδιας μεθόδου ανάλυσης έχει ίσως μεγαλύτερη σημασία από την επιλογή του άκρου που θα γίνει η μέτρηση.

Στους ανθρώπους η επίδραση της πλευρικότητας έχει μελετηθεί σε σχέση με την οστική πυκνότητα. Οι διαφορές μεταξύ των διαφορετικών ατόμων είναι σημαντικές, αλλά η συσχέτιση μεταξύ των μετρήσεων στα δύο άκρα του ίδιου ατόμου είναι υψηλή. Οι διαφορές όμως στην πυκνομετρία του ισχίου μεταξύ των δύο πλευρών του ίδιου ατόμου μπορεί να φθάσουν το 22% [17]. Όσον αφορά στην πυκνομετρία του ισχίου δεν παρατηρείται μόνιμη υπεροχή της μίας ή της άλλης πλευράς σε όλες τις μελέτες, αλλά οι διαφορές είναι σημαντικές, ιδίως στην περιοχή του μείζονα τροχαντήρα και του τριγώνου του Ward. Σε όσες μελέτες έχει μετρηθεί η οστική πυκνότητα αμφοτέρων των ισχίων έχει διαπιστωθεί η ύπαρξη ισχυρής συσχέτισης μεταξύ των 2 ισχίων.[18]

Η παρουσία ασυμμετρίας μεταξύ των ισχίων του ίδιου ατόμου δεν έχει επιβεβαιωθεί σε όλες τις μελέτες. Σε ορισμένες μελέτες δεν υπάρχει ασυμμετρία μεταξύ του δεξιού και του αριστερού ισχίου [18, 19, 20, 21]

ενώ σε άλλες έχει διαπιστωθεί μεγαλύτερη πυκνότητα στο δεξιό ισχίο σε σχέση με το αριστερό σε όλες τις θέσεις μέτρησης [22], ή στο αριστερό σε σχέση με το δεξί ισχίο [23, 24], ή μόνο στον μείζονα τροχαντήρα [17].

Η ύπαρξη πλευρικότητας μπορεί μόνο εν μέρει να αποδοθεί στην αυξημένη χρήση της επικρατούσας πλευράς. Αυτό συμβαίνει ιδίως στα άνω άκρα, όπου η χρόνια άσκηση αυξάνει την οστική πυκνότητα στο σύστοιχο άκρο. Σε αρκετές μελέτες προτείνεται η πραγματοποίηση μετρήσεων στο μη επικρατούν άκρο προκειμένου να αποφευχθεί η επίδραση του φαινομένου της πλευρικότητας.[20, 24]

Η κλινική σημασία της ύπαρξης ασυμμετρίας στις πυκνομετρικές ιδιότητες των ισχίων είναι το ότι όταν μετράται μόνο το ένα ισχίο είναι δυνατό ένας ασθενής να χαρακτηριστεί ως φυσιολογικός ή οστεοπενικός, ενώ εάν μετρούνταν το ετερόπλευρο ισχίο να χαρακτηρίζονταν ως οστεοπορωτικός, σύμφωνα με τα κριτήρια του WHO. Σε μία μελέτη 2372 γυναικών που υποβλήθηκαν σε μέτρηση και των δύο ισχίων, αλλά και της ΟΜΣΣ διαπιστώθηκε ότι υπάρχει μία μικρή, αλλά στατιστικά σημαντική διαφορά υπέρ του δεξιού ισχίου ( $0.840 \pm 0.152$  έναντι  $0.837 \pm 0.150$ ). Σύμφωνα με αυτήν την παρατήρηση σε 3,3% των ασθενών στους οποίους η μέτρηση του ενός ισχίου ήταν παθολογική διαγιγνώσκοντας την ύπαρξη οστεοπόρωσης θα χαρακτηρίζονταν φυσιολογικοί ή οστεοπενικοί εάν χρησιμοποιούνταν η μέτρηση του ετερόπλευρου ισχίου ή της ΟΜΣΣ. Εάν όμως ληφθεί υπ' όψη το λάθος των μετρήσεων DEXA τότε μόνο 2.2% των ασθενών θα ωφελούνταν από αμφοτερόπλευρη μέτρηση των ισχίων.[22]

Η χρήση της πυκνομετρίας αποτελεί όμως μόνο ένα τμήμα της αξιολόγησης του ασθενή με πιθανή οστεοπόρωση, και επομένως η πραγματοποίηση αμφοτερόπλευρων μετρήσεων λαμβάνοντας υπ' όψη το κόστος, το χρόνο και την έκθεση σε ακτινοβολία, δε θεωρείται ότι θα πρέπει να πραγματοποιείται σε όλους τους ασθενείς.

Οι αποκλίσεις στην ετερόπλευρη συμμετρία ενοχοποιούνται για το 9% της διαφοράς στις διαστάσεις, το 5% της διαφοράς στην πυκνότητα και το 8% της διαφοράς στις δομικές ιδιότητες [25].

Η δεξιο- ή αριστεροχειρία έχει προγνωστική αξία όσον αφορά στην οστική πυκνότητα του ισχίου. Σε μία μελέτη μικρού σχετικά αριθμού αριστερόχειρων και δεξιόχειρων με DEXA η συνολική BMD



σε δεξιόχειρες και η μέση BMD του τροχαντήρα σε άρρενες δεξιόχειρες είναι μεγαλύτερη στο αριστερό παρά στο δεξιό ισχίο. Αντίθετα οι αριστερόχειρες παρουσίαζαν υψηλότερη BMD στη διατροχαντήρια περιοχή του δεξιού ισχίου.[26]

Η επίδραση της άσκησης στην οστική πυκνότητα είναι ιδιαίτερα σημαντική. Σε μία μελέτη σε αθλήτριες ρυθμικής γυμναστικής διαπιστώθηκε αυξημένη BMD στο αριστερό ισχίο σε σχέση με την ομάδα των μαρτύρων, ενώ η μυϊκή ισχύς στο αριστερό κάτω άκρο, το οποίο χρησιμοποιούν για την πραγματοποίηση των αλμάτων είναι μεγαλύτερη από την μυϊκή ισχύ του δεξιού κάτω άκρου με το οποίο προσγειώνονται. [27]

Η μυϊκή ισχύς στο επικρατούν άνω άκρο είναι τυπικά μεγαλύτερη από το ετερόπλευρο, αλλά οι διαφορές ποικίλλουν σημαντικά.[28]

Πολλές μελέτες έχουν δείξει τη θετική συσχέτιση μεταξύ μυϊκής ισχύος και οστικής πυκνότητας στα άνω άκρα. Το σκελετικό σύστημα αντιδρά στην αυξημένη φόρτιση και καταπόνηση αυξάνοντας τις διαστάσεις ή/και την πυκνότητά του. Το φλοιώδες οστό αυξάνει τη εσωτερική ή και εξωτερική διάμετρό του και το σπογγώδες οστό αυξάνει την πυκνότητά του.[29, 30, 31] Η αύξηση της μυϊκής μάζας λόγω της άσκησης αποτελεί ένα μόνο παράγοντα και σε καμία περίπτωση τον μοναδικό στον οποίο οφείλεται η αύξηση της οστικής πυκνότητας.[32] Σε μία μελέτη του αντιβραχίου με DXA διαπιστώθηκε ότι το επικρατούν αντιβράχιο παρουσίαζε σημαντικά υψηλότερη επιφάνεια και περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα, διαπίστωση η οποία συνάδει με τα ευρήματα της δικής μας μελέτης. Στην ίδια μελέτη διαπιστώθηκε ότι η οστική πυκνότητα ήταν μεγαλύτερη στο μη επικρατούν αντιβράχιο σε περισσότερο από το 24% των ασθενών. Στην ίδια μελέτη δε διαπιστώθηκε διαφορά μεταξύ των δύο ισχίων.[33] Διαφορές στην BMC μεταξύ των δύο άκρων της τάξης του 3% υπέρ του επικρατούντος έχουν διαπιστωθεί σε εθελοντές χρησιμοποιώντας την ίδια συσκευή που χρησιμοποιήθηκε και στη δική μας μελέτη.[3] Σε αθλητές υψηλού επιπέδου οι διαφορές μεταξύ των δύο άνω άκρων μπορεί να είναι περισσότερο σημαντικές. Σε μία μελέτη 12 πρωταθλητών τένις με περιφερική ποσοτική αξονική τομογραφία αποδείχθηκε ότι η διαφορά στην BMC κυμαίνονταν μεταξύ 14% και 27% υπέρ του επικρατούντος. Οι αντίστοιχες διαφορές σε υγιείς μάρτυρες είναι πολύ μικρότερες.[34, 35] Η επίδραση της μονόπλευρης άσκησης, όπως συμβαίνει π.χ. στο τένις δεν γίνεται εμφανής μέχρι την εφηβική ηλικία. Η συνολική άσκηση, αλλά και η συχνότητα της άσκησης ερμηνεύουν καλύτερα την επίδραση στο οστό. Ο μηχανισμός όμως αντίδρασης του οστού στην άσκηση παραμένει ανερμήνευτος. [36]

Έναρξη του τένις σε θήλεις τενίστριες πριν ή κατά τη διάρκεια της εμμηναρχής οδηγούσε σε ετερόπλευρη διαφορά της τάξης του 22% σε σχέση με τις αθλήτριες, οι οποίες άρχισαν την άσκηση 1 έτος μετά την εμμηναρχή, στις οποίες η διαφορά ήταν της τάξης του 9%.[37] Πλευρικές διαφορές έχουν σημειωθεί στις οστικές ιδιότητες και με άλλες τεχνικές. Σε μία Ελληνική μελέτη με υπερήχους διαπιστώθηκε ότι η ταχύτητα αγωγής του ήχου στην κερκίδα είναι σημαντικά μεγαλύτερη στην δεξιά πλευρά απ' ό,τι στην αριστερή, όπου η απόλυτη διαφορά είναι 1.94%. Σε γυναίκες με κάταγμα του δεξιού αντιβραχίου η διαφορά εξαλείπονταν, ενώ μετά από κάταγμα του αριστερού αντιβραχίου επιτείνονταν. Επομένως, η παρουσία κατάγματος του αντιβραχίου μειώνει την ταχύτητα αγωγής του ήχου στην σύστοιχη κερκίδα.[38]

Συνοψίζοντας, η παρούσα μελέτη έδειξε ότι η συμμετρία στις πυκνομετρικές ιδιότητες μεταξύ των αντιβραχίων του ίδιου ατόμου σε ένα δείγμα υγιούς πληθυσμού δεν είναι απόλυτη και αυτή η παρατήρηση θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη στον σχεδιασμό των κλινικών μελετών, στις οποίες χρησιμοποιούνται αμφοτερόπλευρες μετρήσεις.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Lu Y, Genant HK, Shepherd J, Zhao S, Mathur A, Fuerst TP, Cummings SR. Classification of osteoporosis based on bone mineral densities. *J Bone Miner Res* 2001; 16(5):901-910.
2. Kelly TL, Crane G, Baran DT. Single X-ray absorptiometry of the forearm: precision, correlation, and reference data. *Calcif Tissue Int* 1994; 54(3):212-218.
3. Borg J, Mollgaard A, Riis BJ. Single X-ray absorptiometry: performance characteristics and comparison with single photon absorptiometry. *Osteoporos Int* 1995; 5(5):377-381.
4. Evans CS, Wenderoth P, Cheng K. Detection of bilateral symmetry in complex biological images. *Perception* 2000; 29(1):31-42.
5. Opitz JM, Utkus A. Comments on biological asymmetry. *Am J Med Genet* 2001; 101(4):359-369.
6. Palmer AR. Symmetry breaking and the evolution of development. *Science* 2004; 306(5697):828-833.
7. Tamura K, Yonei-Tamura S, Belmonte JC. Molecular basis of left-right asymmetry. *Dev Growth Differ* 1999; 41(6):645-656.
8. Strecker W, Keppler P, Gebhard F, Kinzl L. Length and torsion of the lower limb. *J Bone Joint Surg Br* 1997; 79(6):1019-1023.
9. Yiannakopoulos CK, Marossi E, Raptou I, Kalogera K, Lyritis GP. Symmetry of the mechanical properties of the long bones: Tomographic (pQCT) and biomechanical study in rats. *J Musculoskel Neuron Interact* 2002; 2: 394-395.
10. White AA 3rd, Panjabi MM, Hardy RJ. Analysis of mechanical symmetry in rabbit long bones. *Acta Orthop Scand* 1974; 45(3):328-336.
11. Peng Z, Tuukkanen J, Zhang H, Jamsa T, Vaananen HK. The mechanical strength of bone in different rat models of experimental osteoporosis. *Bone* 1994; 15(5):523-532.
12. Jonsson U, Stromberg L. Uniformity in mechanics of long bones at torque. A dog experiment. *Acta Orthop Scand* 1984; 55(3): 347-348.
13. Markel MD, Sielman E, Rapoff AJ, Kohles SS. Mechanical properties of long bones in dogs. *Am J Vet Res* 1994; 55(8): 1178- 1183.
14. Frost HM. The biology of fracture healing. An overview for clinicians. Part I. *Clin Orthop Relat Res* 1989; 248:283-93.

15. Mueller M, Schilling T, Minne HW, Ziegler R. A systemic acceleratory phenomenon (SAP) accompanies the regional acceleratory phenomenon (RAP) during healing of a bone defect in the rat. *J Bone Miner Res* 1991; 6(4):401-10.
16. Mueller M, Schilling T, Minne HW, Ziegler R. Does immobilization influence the SAP that accompanies local bone repair? *J Bone Miner Res* 1992; 7 (Suppl 2):S425-427.
17. Bonnick SL, Nichols DL, Sanborn CF, Payne SG, Moen SM, Heiss CJ. Right and left proximal femur analyses: is there a need to do both? *Calcif Tissue Int* 1996; 58(5): 307-310.
18. Lilley J, Walters BG, Heath DA, Drolc Z. Comparison and investigation of bone mineral density in opposing femora by dual-energy X-ray absorptiometry. *Osteoporos Int* 1992; 2(6): 274-278.
19. Faulkner KG, Genant HK, McClung M. Bilateral comparison of femoral bone density and hip axis length from single and fan beam DXA scans. *Calcif Tissue Int* 1995; 56(1): 26-31.
20. Brownbill RA, Lindsey C, Crncevic-Orlic Z, Ilich JZ. Dual hip bone mineral density in postmenopausal women: geometry and effect of physical activity. *Calcif Tissue Int* 2003; 73(3):217-224.
21. Yang R, Tsai K, Chieng P, Liu T. Symmetry of bone mineral density at the proximal femur with emphasis on the effect of side dominance. *Calcif Tissue Int* 1997; 61(3): 189-191.
22. Petley GW, Taylor PA, Murrills AJ, Dennison E, Pearson G, Cooper C. An investigation of the diagnostic value of bilateral femoral neck bone mineral density measurements. *Osteoporos Int*. 2000; 11(8):675-679.
23. Franck H, Munz M, Scherrer M. Bone mineral density of opposing hips using dual energy X-Ray absorptiometry in single-beam and fan-beam design. *Calcif Tissue Int*. 1997; 61(6):445-447.
24. Rao AD, Reddy S, Rao DS. Is there a difference between right and left femoral bone density? *J Clin Densitom* 2000; 3(1):57-61.
25. Hauser DL, Pierre MA, Snyder BD. Bilateral variation of bone structure of the femur in normal adults measured ex-vivo orthogonal radiography, DEXA and QCT. 47th Annual Meeting, Orthopaedic Research Society, February 25-28, 2001, San Francisco, California, USA
26. Gumustekin K, Akar S, Dane S, Yildirim M, Seven B, Varoglu E. Handedness and bilateral femoral bone densities in men and women. *Int J Neurosci* 2004; 114(12): 1533-1547.
27. Wu J, Ishizaki S, Kato Y, Kuroda Y, Fukashiro S. The side-to-side differences of bone mass at proximal femur in female rhythmic sports gymnasts. *J Bone Miner Res* 1998; 13(5):900-906.
28. Bohannon RW. Grip strength: a summary of studies comparing dominant and nondominant limb measurements. *Percept Mot Skills* 2003; 96:728-730.

29. Ducher G, Jaffre C, Arlettaz A, Benhamou CL, Courteix D. Effects of long-term tennis playing on the muscle-bone relationship in the dominant and nondominant forearms. *Can J Appl Physiol* 2005; 30(1):3-17.
30. Ducher G, Prouteau S, Courteix D, Benhamou CL. Cortical and trabecular bone at the forearm show different adaptation patterns in response to tennis playing. *J Clin Densitom* 2004; 7(4):399-405.
31. Tsuji S, Tsunoda N, Yata H, Katsukawa F, Onishi S, Yamazaki H. Relation between grip strength and radial bone mineral density in young athletes. *Arch Phys Med Rehabil* 1995; 76(3):234-238.
32. Daly RM, Saxon L, Turner CH, Robling AG, Bass SL. The relationship between muscle size and bone geometry during growth and in response to exercise. *Bone* 2004; 34(2):281-287.
33. Walters J, Koo WW, Bush A, Hammami M. Effect of hand dominance on bone mass measurement in sedentary individuals. *J Clin Densitom* 1998;1(4):359-367.
34. Haapasalo H, Kontulainen S, Sievanen H, Kannus P, Jarvinen M, Vuori I. Exercise-induced bone gain is due to enlargement in bone size without a change in volumetric bone density: a peripheral quantitative computed tomography study of the upper arms of male tennis players. *Bone* 2000; 27(3):351-7.
35. Calbet JA, Moysi JS, Dorado C, Rodriguez LP. Bone mineral content and density in professional tennis players. *Calcif Tissue Int* 1998; 62(6):491-496.
36. Haapasalo H, Kannus P, Sievanen H, Pasanen M, Uusi-Rasi K, Heinonen A, Oja P, Vuori I. Effect of long-term unilateral activity on bone mineral density of female junior tennis players. *J Bone Miner Res* 1998; 13(2):310-319.
37. Haapasalo H, Kannus P, Sievanen H, Heinonen A, Oja P, Vuori I. Long-term unilateral loading and bone mineral density and content in female squash players. *Calcif Tissue Int* 1994; 54(4):249-255.
- 38.** Vrahoriti H, Damilakis J, Papadokostakis G, Hadjipavlou A, Gourtsoyiannis N. Bilateral variation in radial bone speed of sound. *Eur Radiol* 2004; 14(6):953-958.